



DE 198 25 169 C 2

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 198 25 169 C 2

51 Int. Cl. 7:  
E 02 D 3/12  
E 02 D 27/26  
E 02 D 5/36  
E 02 D 5/46

21 Aktenzeichen: 198 25 169.6-25  
22 Anmeldetag: 5. 6. 1998  
43 Offenlegungstag: 16. 12. 1999  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 5. 10. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Bauer Spezialtiefbau GmbH, 86529  
Schrobenhausen, DE

72 Erfinder:

Harthausen, Werner, 86637 Wertingen, DE; Banzhaf,  
Peter, 86529 Schrobenhausen, DE; Maier,  
Wolfgang, Quezon City, PH; Wiedenmann, Ulli,  
Quezon City, PH; Schleebaum, Tim, Bangkok, TH

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 42 19 150 C1  
DE 40 13 801 A1  
DE 42 92 374 T1  
EP 04 41 169 A2  
EP 04 36 954 A

Pat. Abstr. of JP Publication number: 10096230 A

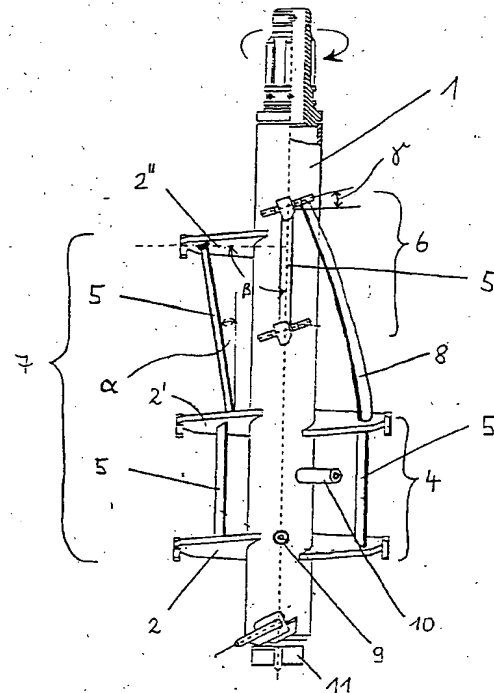
Application number: 8271386;

Pat. Abstr. of JP Publication number: 9111758 A

Application number: 7293489;

54 Stabmixer

57 Vorrichtung zum Einmischen von flüssigen, selbsterhärtenden Bindemitteln in den gewachsenen Boden zur Erzeugung von im wesentlichen rotationssymmetrischen Boden-Bindemittel-Körpern im Baugrund dadurch gekennzeichnet, daß auf einer Drehachse (1) ein, zwei oder mehrere Mischflügel (2, 2', 2'' ...) angeordnet sind, welche eine Gruppe (7) bilden und die im wesentlichen übereinander angeordnet und zueinander beabstandet sind, daß um den Umfang der Drehachse (1) verteilt mehrere Gruppen (4, 6, ...) aus ein, zwei oder mehreren Mischflügeln bestehend angeordnet sind, die ebenfalls im wesentlichen übereinander angeordnet und zueinander beabstandet sind und daß diese Gruppen höhenmäßig zueinander versetzt sind und/oder so angeordnet sind, daß einzelne Mischflügel aus den einzelnen Gruppen annähernd in gemeinsamen Ebenen liegen, die senkrecht zur Drehachse (1) verlaufen, das heißt, daß einzelne Mischflügel unterschiedlicher Gruppen annähernd in der gleichen Rotationsebene liegen, daß einige oder alle Mischflügel der einzelnen Gruppen mit länglichen Verbindungselementen (5) verbunden sind und/oder daß Mischflügel unterschiedlicher Gruppen mit länglichen Verbindungselementen (8) verbunden sind, daß die länglichen Verbindungselemente (5, 8) in unterschiedlichen Abständen zur Drehachse (1) angeordnet sind und daß die länglichen Verbindungselemente (5, 8) unter Winkeln ( $\alpha$ ) im Bereich von 0 bis 80° zur Drehachse (1) verlaufen.



DE 198 25 169 C 2

## Beschreibung

Die Erfindung beschreibt eine Vorrichtung zur Verbesserung der Tragfähigkeit von bindigen, weichen oder locker gelagerten Böden. Mit Hilfe der Vorrichtung wird der anstehende Boden aufgerührt und dabei ein flüssiges, selbsterhärtendes Bindemittel in den aufgerührten Boden eingebracht und mit diesem vermischt.

## Stand der Technik

Zur Bodenverbesserung bzw. zur Erhöhung der Tragfähigkeit von weichen oder lockeren Böden nach dem "Mixed-in-Place"-Verfahren sind zahlreiche Techniken bekannt.

Die DE 42 19 150 beschreibt ein Mischverfahren mit einer oder mehreren durchgehenden Schnecken, mit denen eine eingebrachte Bindemittelsuspension mit dem Boden vermischt wird. Diese Vorrichtung ist für nichtbindige Böden geeignet und ist tiefenmäßig stark eingeschränkt, da das Gewicht der durchgehenden Schnecken sehr groß ist und infolgedessen große und teure Trägergeräte notwendig werden.

In Japan ist eine Mischvorrichtung bekannt, die aus Gewichtsgründen nur im unteren Teil durchgehende Schnecken besitzt und im oberen Teil sind an den Bohrstangen nur Rührarme in waagrechter Richtung angeordnet. Für bindige Böden ist mit dieser Vorrichtung - ähnlich wie mit der DE 42 19 150 - keine ausreichende Homogenisierung des Bodens mit dem Bindemittel zu erreichen. Mit dieser Technik ergeben sich im wesentlichen horizontal geschichtete Mischkörper mit stark schwankender Homogenität.

Die EP 0441169 A2 beschreibt eine Mischvorrichtung ähnlich einer durchgehenden Schnecke mit den Nachteilen, daß in bindigen Böden die Homogenisierung nur unbefriedigend erfolgen kann, da die Mischflügel im wesentlichen den Boden in horizontaler Richtung aufschneiden und nur wenig durchmischen. Die Verbesserung der Mischwirkung durch die Anordnung zahlreicher Mischdüsen führt zu einer aufwendigen und störanfälligen Ausführungsform.

## Aufgabe der Erfindung

Die erfindungsgemäße Vorrichtung hat die Aufgabe, durch besondere Ausstattung der Mischflügel mit Verbindungselementen eine technisch einfache, aber sehr intensive Aufmischung von bindigen, weichen oder locker gelagerten Böden zu bewirken. Des weiteren soll eine möglichst homogene Durchmischung des anstehenden Bodens mit einer flüssigen, selbsterhärtenden Bindemittelsuspension oder sonstigen Flüssigkeiten oder Suspensionen erreicht werden.

## Lösung der Aufgabe

Die erfindungsgemäße Vorrichtung löst die Aufgabe mit den Merkmalen des ersten Anspruchs.

Auf einer im wesentlichen senkrecht in den Boden eingebrachten Drehachse, welche durch ein Bohrgerät angetrieben wird, befinden sich in unterschiedlichen Höhen Mischflügel. Diese Mischflügel sind verhältnismäßig schlank, um einen geringen Eindringwiderstand der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung in den Boden zu gewährleisten.

Um nicht nur ein horizontales Aufschneiden des Bodens zu bewirken und dabei die Entstehung eines horizontal geschichteten Boden-Mörtels hervorzurufen, sind zwischen den einzelnen Mischflügeln im wesentlichen vertikal oder schräg angeordnete, längliche Verbindungselemente angeordnet. Diese Verbindungselemente bewirken, daß der Bo-

den zusätzlich zum horizontalen scheibenförmigen Aufschneiden der Mischflügel auch in vertikaler oder schräger Richtung aufgeschnitten wird. Die im wesentlichen vertikalen Verbindungselemente bewirken innerhalb der Boden-Bindemittel-Säule Schneidflächen, die entweder in Form von Zylindermantelflächen vorhanden sind oder bei schräg gestellten Verbindungselementen werden durch diese kegelmantelförmige Schnittflächen erzeugt.

Diese Schnittflächen werden erreicht, wenn die Verbindungselemente geradlinig ausgebildet sind. Bei gekrümmten Verbindungselementen entstehen keine ebenen Schnittflächen, sondern räumliche Schnittflächen. Da der Querschnitt der Verbindungselemente verhältnismäßig gering ist, ist der Schneidwiderstand verhältnismäßig gering und somit bleiben auch die erforderlichen Drehmomente auf die Drehachse der Mischvorrichtung verhältnismäßig gering.

Durch die unterschiedlichen Neigungen der Verbindungselemente sowie durch unterschiedliche Abstände der Verbindungselemente zur Drehachse wird der anstehende Boden während des Eindringvorganges der Vorrichtung in den Boden in vielerlei variierenden Schnittebenen und Schnittflächen aufgeschnitten und dabei heftig durchmischt. Anders als bei Mischvorrichtungen, die zumindest teilweise aus schneckenförmigen Wendeln bestehen, sind während der Mischbewegung deutlich mehr Relativbewegungen der Bodenstücke möglich. Bei dieser Art der Durchmischung des Bodens wird die Größe der aus dem Boden herausgeschnittenen Bodenpartikel im Gegensatz zu schneidenden Schneckenflügeln und waagrecht verlaufenden Paddeln deutlich verkleinert und somit eine Homogenisierung wesentlich besser erreicht.

Die schräg angeordneten Verbindungselemente zwischen den Mischflügeln bewirken beim Mischen und Homogenisieren Strömungen innerhalb der Bodensäule, welche je nach Stellung der Verbindungselemente nach oben oder unten weisen und die Durchmischung des Bodens intensivieren.

## Figurenbeschreibung

In Fig. 1 ist der untere Teil einer erfindungsgemäßen Mischvorrichtung dargestellt.

Auf einer Drehachse 1 sind in Gruppen mehrere Mischflügel angeordnet. So sind beispielsweise die Mischflügel 2, 2', 2'' in einem gewissen Abstand übereinander angeordnet. Dabei ist es nicht zwingend, daß die Mischflügel im Grundriß gesehen deckungsgleich übereinander liegen, aber in einer bevorzugten Ausführungsform kann es zweckmäßig sein, daß sie aus Montagegründen im weitergehenden Sinne übereinander angeordnet sind. Bevorzugterweise besteht eine dieser sogenannten Gruppen von Mischflügeln aus zwei Flügeln.

Eine Gruppe kann jedoch auch aus einem Flügel bestehen oder aus mehr als drei Flügeln. Um den Umfang der Drehachse 1 sind nun mehrere Gruppen 4, 6 und weitere nicht dargestellte angeordnet. Auch diese weiteren Gruppen können aus ein bis mehreren Flügeln bestehen, welche zweckmäßigerweise im wesentlichen übereinander bzw. dabei nur gering versetzt angeordnet sind.

Diese Mischflügel sind mit Verbindungselementen 5 miteinander verbunden. Dabei kann es zweckmäßig sein, die Mischflügel einer Gruppe mit Verbindungselementen 5 zu verbinden. Diese Verbindungselemente 5 können dabei achsparallel zur Drehachse 1 angeordnet werden oder unter Winkeln  $\alpha$  zur Drehachse 1. Die Ausführung kann gerade oder gekrümmt sein. In einer weiteren Ausführungsvariante können auch Mischflügel unterschiedlicher Gruppen wie z. B. der Gruppe 6 und der Gruppe 4 über Verbindungsele-

mente 8 verbunden werden. In diesem Anwendungsfall werden die Verbindungselemente 8 entweder geradlinig ausgeführt oder sie folgen bevorzugterweise räumlichen Kurven. In Fig. 1 sind die Verbindungselemente 5 und 8 in Form von Flacheisen dargestellt. Diese Flacheisen sind bevorzugterweise mit ihrem Querschnitt in unterschiedlichen Schneidwinkeln zum durchschnittenen Boden angeordnet, d. h. manche Schnittflächen stehen senkrecht zum imaginären Dreharm und manche Schnittflächen weisen einen Winkel kleiner als 90° zum imaginären Dreharm aus.

Eine weitere Verbesserung der Durchmischung wird dadurch erreicht, daß der Abstand der Verbindungselemente 5, 8 zur Drehachse 1 unterschiedlich gewählt wird. Auf diese Weise werden auch ohne vertikale Bewegung der Mischvorrichtung innerhalb des durchschnittenen Bodens konzentrische Schneidkreise erreicht, welche wiederum eine stärkere Zerkleinerung des anstehenden Bodenmaterials bewirken.

Die gute Durchmischung und Aufbereitung des gewachsenen Bodens mit der Bindemittelsuspension wird dadurch erreicht, daß beim Eindrehen der Vorrichtung in den Boden die Mischflügel ein scheibenartiges Aufschneiden des Bodens bewirken und daß dieses im wesentlichen horizontale Schneiden überlagert wird durch das Schneiden und Rühren der im wesentlichen von oben nach unten angeordneten Verbindungselemente 5, 8.

Die Zugabe des selbsterhärtenden Bindemittels erfolgt über eine oder mehrere Düsen 9, 10, welche bevorzugterweise über die Länge der Drehachse 1 verteilt angeordnet sind. Um den Austritt des Bindemittels auch in die außenliegenden Bodenbereiche der vom Mischwerkzeug bearbeiteten Bodensäule zu erleichtern, ist es eine zweckmäßige Ausführung, daß die Austrittsöffnung über eine rohrförmige längliche Strecke von der unmittelbaren Mantelfläche der Drehachse 1 in den von den Mischflügeln und den Verbindungselementen 5, 8 beschriebenen Raum verlegt wird. Auf diese Weise muß das Bindemittel geringere Entfernungen zurücklegen. Zweckmäßigerweise erfolgt die Bindemittelzugabe einmal über Zugabeöffnungen 9 direkt am Mantel der Drehachse 1 und zum anderen über Öffnungen 10, welche in einer größeren Entfernung von der Mantelfläche der Drehachse 1 liegen.

Je nach Bodenart kann es zweckmäßig sein, den Anstellwinkel  $\gamma$  der Mischflügel zu variieren. Diese Winkel bewegen sich in einem bevorzugten Bereich zwischen 0 und 60°. Der Winkel  $\gamma$  bestimmt entscheidend die Eindringgeschwindigkeit und den Eindringwiderstand der Mischvorrichtung in den gewachsenen Boden.

Fig. 2 zeigt den unteren Teil einer erfindungsgemäßen Ausführungsvariante, bei dem die unteren Mischflügel 2 mit Bohrzähnen 12 versehen sind. Diese Bohrzähne dienen dazu, die Eindringgeschwindigkeit der Mischvorrichtung zu erhöhen und den Verschleiß der Flügel zu reduzieren.

Die Bohrzähne sind besonders dann von größerer Bedeutung, wenn die Bodensäule aus Boden und Bindemittel auf eine gewisse Tiefe in einen härteren und tragfähigeren Bodenbereich einbinden muß. Bei der Ausführungsvariante in Fig. 2 bestehen die Verbindungselemente 5 aus Rundstäben, Stahllitzen oder Stahlseilen. Die Verwendung elastischer Materialien für die Verbindungselemente kann zur Verringerung des Verschleißes beitragen und durch zusätzliche seitliche Bewegungsgrade die Misch- und Schneidwirkung erhöhen bzw. verbessern. Die Stäbe, Litzen oder Stahlseile können auch locker bzw. durchhängend mit den Mischflügeln verbunden sein.

Fig. 3 zeigt einen horizontalen Schnitt durch die Mischvorrichtung mit den Mischflügeln der einzelnen Gruppen, welche in diesem Ausführungsbeispiel in Winkeln von 90° um die Drehachse 1 angeordnet sind.

Bei diesem Ausführungsbeispiel sind unterschiedliche Verbindungselemente 5, 8 angeordnet.

Um ein geradliniges Eindringen in den Boden zu gewährleisten, wird zweckmäßigerweise an der Spitze der Drehachse 1 ein mit Bohrzähnen versehener Anfänger angeordnet. Diese Bohrspitze hat die Aufgabe eines Bohrpiloten.

Um die Abnutzung der Flügel möglichst gering zu halten, kann es zweckmäßig sein, am Rand der Flügel und an den Schneidkanten der Flügel verschleißfeste Zähne oder Räum 13 anzuordnen. Der Verschleiß kann auch dadurch minimiert werden, daß die Schneidkanten mit einer Verschleißauflage aus einem Hartelektrodenauftrag versehen werden oder spezielle Verschleißleisten angeordnet werden.

Je nach Bodenart können die Mischflügel unter Winkeln  $\gamma$  gegen die Horizontale angestellt werden. Diese Winkel liegen zwischen 0 und 90°. Der Winkel  $\gamma$  bestimmt die Eindringgeschwindigkeit in den ungestörten Boden und ist auch ein Maß für die erforderlichen Drehmomentenkräfte auf die Drehachse 1, welche zur guten Durchmischung notwendig werden. Der Winkel  $\beta$ , den die Mischflügel zur Bohrachse einnehmen, liegt in einem Bereich von 45° bis 135°, bevorzugterweise bei etwa 90°.

Die Mischflügel können aus einem ebenflächigen Material, aber auch aus einem flächigen Material sein, welches in eine oder mehrere Richtungen gekrümmt ist, wie beispielsweise ein Ausschnitt aus der Oberfläche einer Schneckenwendel. Das Material ist bevorzugt aus Stahl.

Die Verteilung der Mischflügel über den Umfang der Drehachse 1 erfolgt nach keiner festen Ordnung. Es ist dennoch zweckmäßig, die Mischflügel in einer Art Gruppe anzuordnen, wobei diese Mischflügel einer Gruppe im wesentlichen übereinander angeordnet sind. Dies kann insbesondere aus Fertigungsgründen zweckmäßig sein. Die Flügel brauchen dabei keineswegs deckungsgleich übereinander liegen. Die gruppenweise Anordnung der Mischflügel erleichtert grundsätzlich die Befestigung der Verbindungselemente 5, 8 unter dem Gesichtspunkt, daß auf die Drehachse 1 keine zu großen Unwuchtkräfte einwirken, was auf die Laufruhe der Mischvorrichtung nachteilig Einflüsse hätte. So kann die annähernde Einhaltung einer Symmetrie in der Anordnung der Mischflügel und Verbindungselemente von Vorteil sein. Um eine möglichst gute Durchmischung des Bodens zu erreichen, hat sich gezeigt, daß es zweckmäßig ist, die Mischflügel nicht nur über den Umfang zu verteilen, sondern auch entlang der Drehachse 1 höhenmäßig zu versetzen. Auf diese Weise werden mit einer Umdrehung der Drehachse mehrere horizontale Schnittebenen erreicht. Dies führt wiederum zu einer größeren Homogenisierung beim Mischen.

Weiter ist es zweckmäßig, daß einige der Mischflügel im wesentlichen auf einer gemeinsamen Höhenebene angeordnet sind, d. h. eine Schnittebene wird dabei von mehreren Flügeln aus unterschiedlichen Gruppen bestrichen, solange die Drehachse 1 keine vertikale Verschiebung erfährt. Diese Tatsache kann zur Stabilisierung der Drehbewegung während des Homogenisierens führen.

Die Verbindungselemente 5, 8 sind bevorzugterweise aus Rundmaterial, Vierkantmaterial, Dreiecksmaterial oder Flachstahlmaterial. Eine weitere Ausführung sind auch einzelne oder nebeneinander angeordnete Stahllitzen, die aus mehreren Einzeldrähten bestehen. Bei dieser Ausführungsform wird der Verschleiß reduziert, da diese Litzen nachgiebiger sind und gegenüber glattem Material haben diese teilweise verdrehten Litzen eine bessere Schneidfähigkeit.

Eine weitere Ausführungsvariante besteht darin, daß die Verbindungselemente 5, 8 aus Drahtseilen bestehen, welche nur locker zwischen den Mischflügeln befestigt sind. Gewisse Böden können es erforderlich machen, daß die Ver-

bindungselemente 5, 8 mit verschleißmindernden Belägen versehen oder mit Zähnen ausgestattet sind.

Das Mischen des Bodens mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung erfolgt so, daß während des Eindrehens der Mischvorrichtung in das Erdreich durch eine oder mehrere Zugabedüsen 9, 10 ein selbsterhärtendes Bindemittel zugegeben wird. Wenn die Bindemittelzugabe in größerer Entfernung von der Mischachse erfolgt, so erleichtert dies die bessere Verteilung des Bindemittels in der Boden-Mörtel-Säule. Das Bindemittel wird dabei mit Drücken zwischen 5 und 500 bar eingebracht. Während des Eindrehens, Mischens und Homogenisierens ist es zweckmäßig, die Drehrichtungen abwechselnd zu ändern oder die Vorrichtung im Wechsel auf und ab zu bewegen.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Einmischen von flüssigen, selbsterhärtenden Bindemitteln in den gewachsenen Boden zur Erzeugung von im wesentlichen rotationssymmetrischen Boden-Bindemittel-Körpern im Baugrund **dadurch gekennzeichnet**, daß auf einer Drehachse (1) ein, zwei oder mehrere Mischflügel (2, 2', 2'' ...) angeordnet sind, welche eine Gruppe (7) bilden und die im wesentlichen übereinander angeordnet und zueinander beabstandet sind, daß um den Umfang der Drehachse (1) verteilt mehrere Gruppen (4, 6, ...) aus ein, zwei oder mehreren Mischflügeln bestehend angeordnet sind, die ebenfalls im wesentlichen übereinander angeordnet und zueinander beabstandet sind und daß diese Gruppen höhenmäßig zueinander versetzt sind und/oder so angeordnet sind, daß einzelne Mischflügel aus den einzelnen Gruppen annähernd in gemeinsamen Ebenen liegen, die senkrecht zur Drehachse (1) verlaufen, das heißt, daß einzelne Mischflügel unterschiedlicher Gruppen annähernd in der gleichen Rotationsebene liegen, daß einige oder alle Mischflügel der einzelnen Gruppen mit länglichen Verbindungselementen (5) verbunden sind und/oder daß Mischflügel unterschiedlicher Gruppen mit länglichen Verbindungselementen (8) verbunden sind, daß die länglichen Verbindungselemente (5, 8) in unterschiedlichen Abständen zur Drehachse (1) angeordnet sind und daß die länglichen Verbindungselemente (5, 8) unter Winkeln ( $\alpha$ ) im Bereich von 0 bis 80° zur Drehachse (1) verlaufen.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungselemente (5, 8) stabförmig und geradlinig ausgebildet sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 und 2 dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungselemente (5, 8) in zwei- oder dreidimensionaler Richtung gekrümmt sind.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungselemente (5, 8) runden, rechteckförmigen, dreieckförmigen, quadratischen Querschnitt haben oder aus diesen Formen zusammengesetzt sind.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungselemente (5, 8) aus Stahllitzen oder Stahlseilen bestehen, welche wiederum aus mehreren Drähten bestehen.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungselemente (5, 8) zugfest mit den Mischflügeln verbunden sind.
7. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 6 dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungselemente (5, 8) mit dem

einen Ende am Mischflügel befestigt sind und mit dem anderen Ende an der Mantelfläche der Drehachse (1).  
8. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 7 dadurch gekennzeichnet, daß die Mischflügel in Drehrichtung unter bevorzugten Winkeln  $\gamma$  zwischen 0 und 90° angestellt sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 8 dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächen der Mischflügel eben, in einer Richtung gekrümmt oder in beide Richtungen gekrümmt sind.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 9 dadurch gekennzeichnet, daß in der Drehachse (1) eine oder mehrere Austrittsöffnungen (9, 10) für die Zugabe des selbsterhärtenden Bindemittels angeordnet sind.

11. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 10 dadurch gekennzeichnet, daß die Austrittsöffnungen für die Bindemittel durch rohrförmige Verbindungsmittel in Bereiche verlegt werden, welche zwischen der Oberfläche der Drehachse (1) und der maximalen Reichweite der Mischflügel liegen.

12. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 11 dadurch gekennzeichnet, daß die Mischflügel mit Bohrzähnen und/oder verschleißmindernden Beschichtungen versehen sind.

13. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 12 dadurch gekennzeichnet, daß die Mischflügel in einem Teilbereich der längenmäßig ausgedehnten Drehachse (1) angeordnet sind oder die Mischflügel über die gesamte Länge der Drehachse verteilt angeordnet sind.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

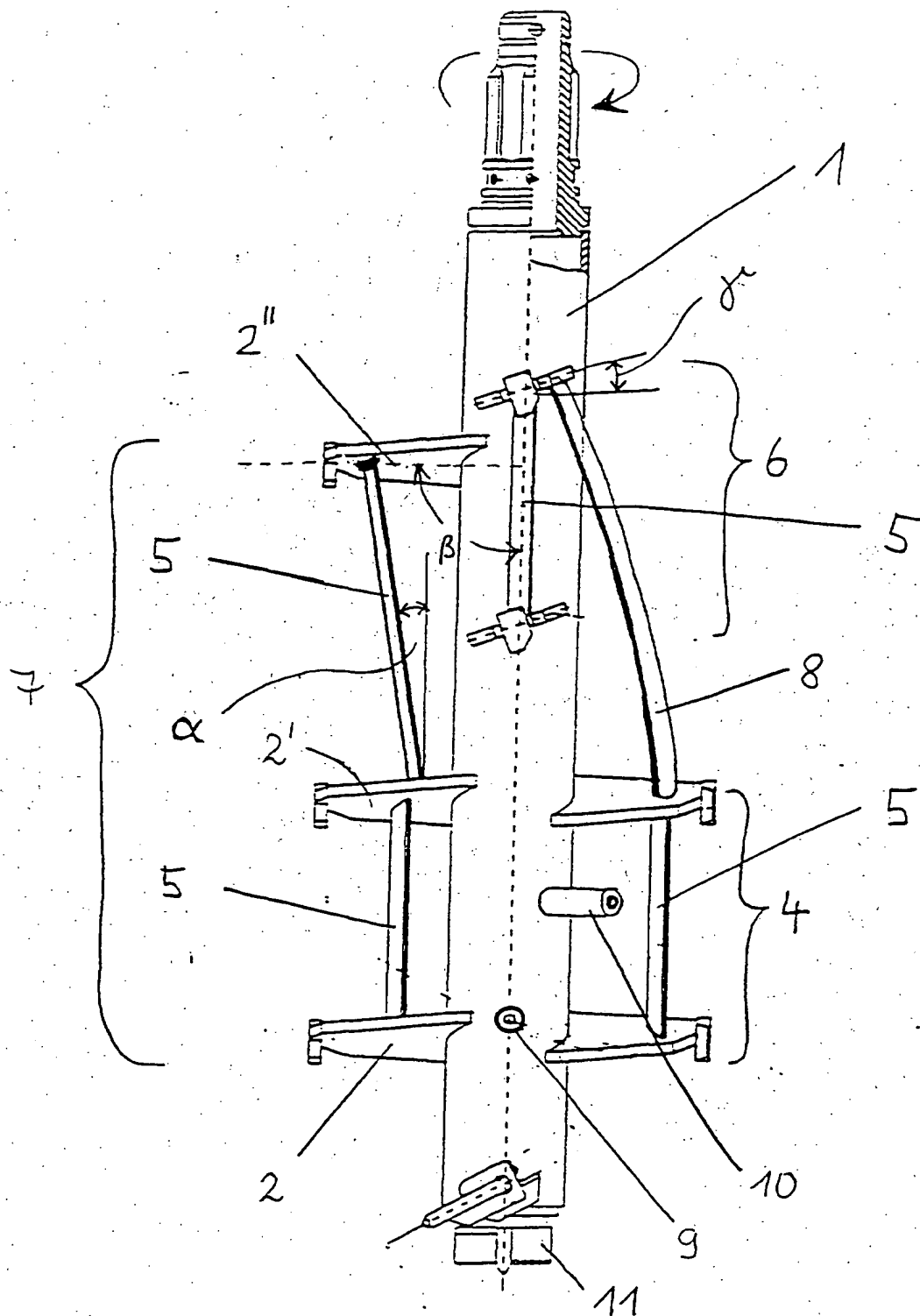


Fig. 1

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

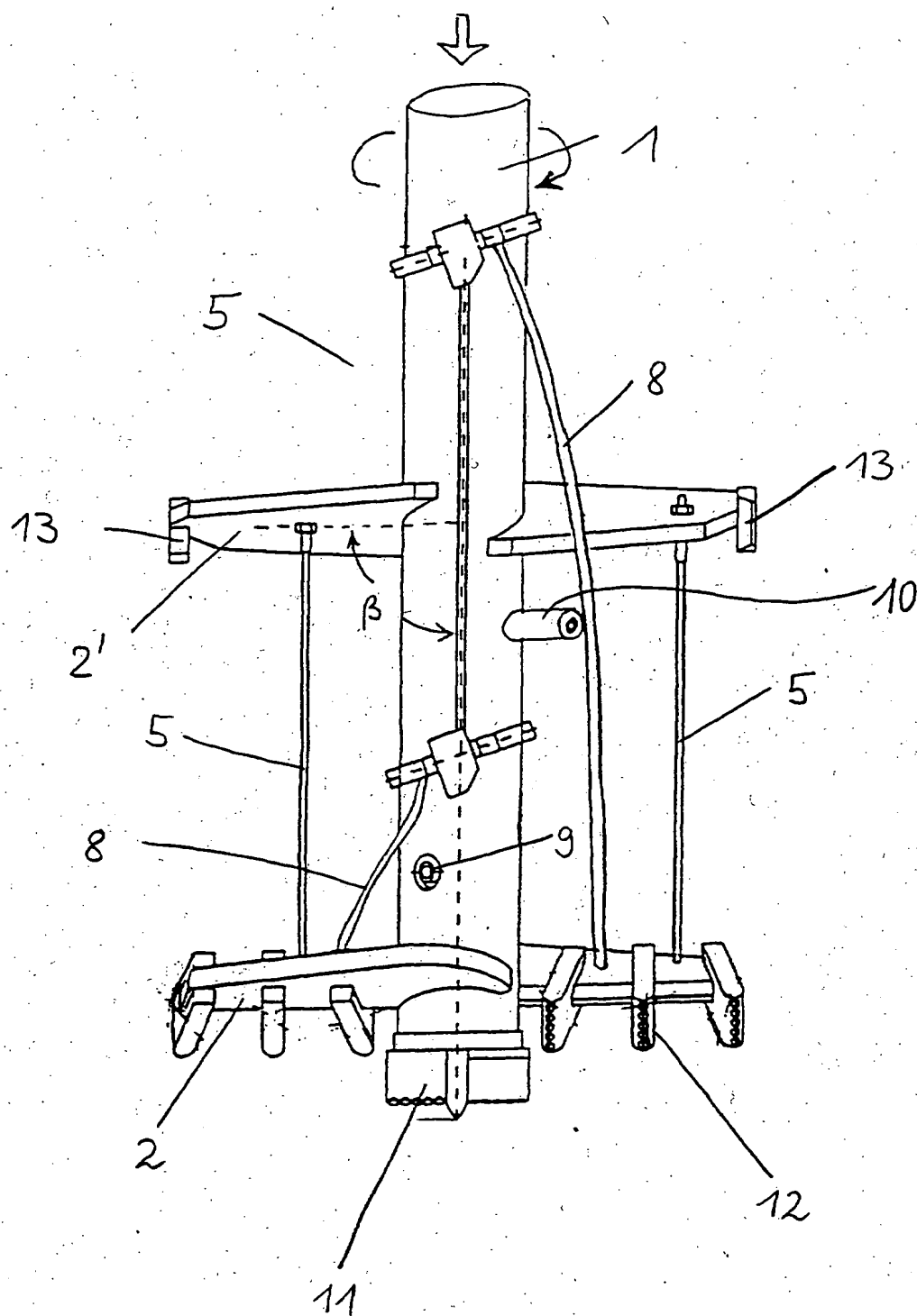


Fig. 2

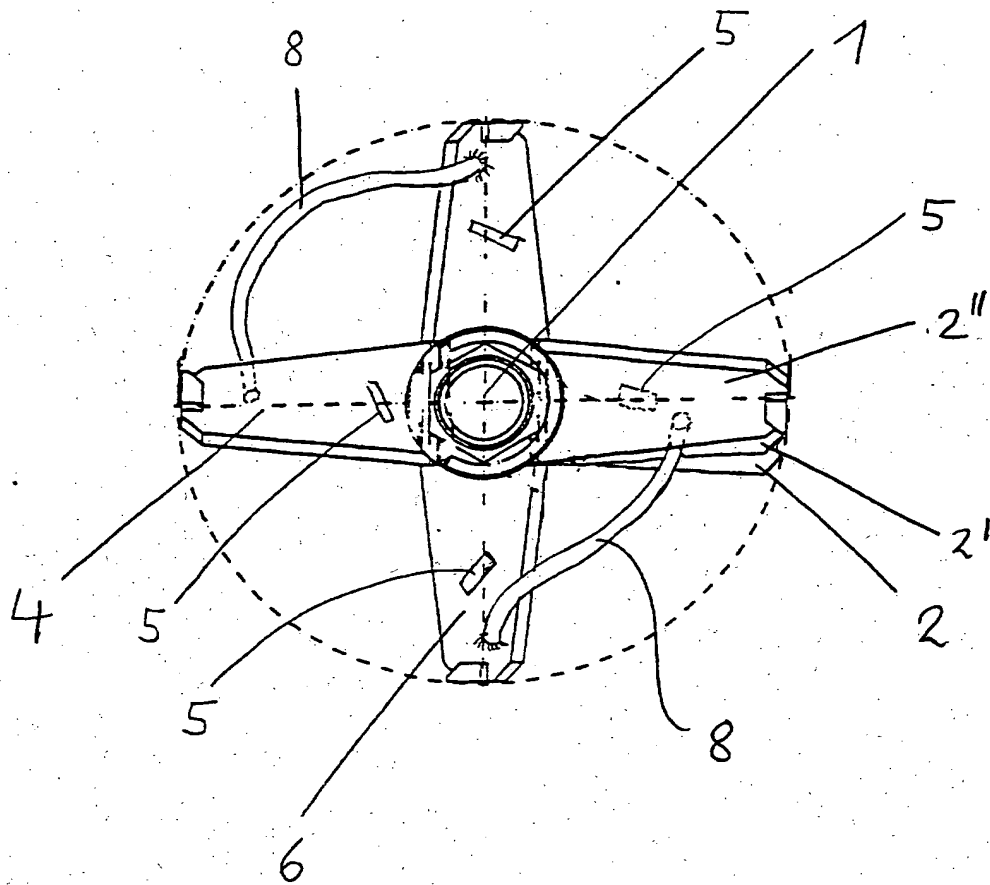


Fig. 3